

BEST AVAILABLE COPY

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-114172

(43)Date of publication of application : 07.05.1996

(51)Int.Cl.

F03B 15/04

F03B 15/08

(21)Application number : 06-253444

(71)Applicant : MEIDENSHA CORP

(22)Date of filing : 19.10.1994

(72)Inventor : SAITO HIDE

NAKAGAWA FUJIO

## (54) CONTROL DEVICE FOR ELECTRIC SERVOMOTOR TYPE GOVERNOR

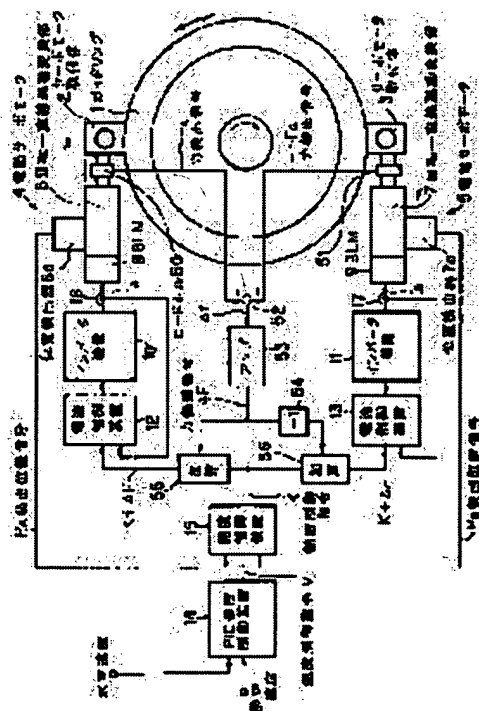
## (57)Abstract:

PURPOSE: To maintain the balance of an operation force transmitted to a guide ring by a method wherein operation forces generated by a pair of electric servomotors are individually determined by a force sensor and a servomotor control part is regulated so that the two operation forces are balanced with each other.

CONSTITUTION: An opening control command K responding to a difference between a speed control command V and detecting position signals PA and PB is outputted from an opening control device 15 and the operation forces of motor-drive servo motors 4 and 5 are generated according to an opening control command K therefrom. The operation forces of the motor-driven

servo motors 4 and 5 are individually detected by load cells 50 and 51 being a force sensor, and detecting signals FA and AB to indicate detecting forces therefrom. A force deviation signal  $\Delta F$  between the FA and FB is added to the opening control command K by adders 55 and 56. In a case of  $FA < FB$ , the  $\Delta F$  forms a negative value and in a case of  $FA > FB$ ,  $\Delta F$  forms a positive value and regulation is made so that the operation forces of the motor-driven motors 4 and 5 are balanced with each other. This

constitution high-precisely balances the operation forces, transmitted to a guide ring 1, with each other.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 24.11.1999  
[Date of sending the examiner's decision of rejection] 27.01.2004  
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
[Date of final disposal for application]  
[Patent number]  
[Date of registration]  
[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2004-03767  
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 26.02.2004  
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

CLAIMS

---

## [Claim(s)]

[Claim 1] The electric servo motor of the pair which it connects with the guide ring which adjusts the Minakuchi opening of a hydraulic turbine by rotating, it will drive [ pair ] if a motor current is supplied, respectively, and an operating physical force is given [ pair ] to said guide ring, respectively, and rotates a guide ring, The servo motor control section of the pair which supplies a motor current to the electric servo motor of said pair according to an opening control command, respectively, In the control unit of the electric servo motor type speed governor which has the control section which sends an opening control command from which the Minakuchi opening turns into the purpose opening to the servo mho control section of said pair The force sensor of the pair which detects the operating physical force given to said guide ring from the electric servo motor of said pair according to an individual, respectively, When one operating physical force of said electric servo motor is larger than the operating physical force of another side The opening control command which while supplies a motor current to one electric servo motor, and inputs it into it at a servo motor control section is reduced. The control unit of the electric servo motor type speed governor characterized by having the controller adjusted so that the opening control command inputted into the electric servo motor of another side at the servo motor control section of another side which supplies a motor current may be increased.

---

[Translation done.]

---

DETAILED DESCRIPTION

---

## [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention is devised so that the operating physical force which the electric servo motor of a pair generates may balance about the control device of an electric servo motor type speed governor.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, the driving source of a speed governor is replacing the electric servo motor type using a motor from an oil hydraulic system. This electric servo motor consists of a brush-less direct current motor, a reducer with which the output of this motor is supplied, and a rotation-rectilinear-motion transducer to which the output of this reducer is supplied, and the guide ring for the Minakuchi opening adjustment of a hydraulic turbine is connected to the movement object changed into rectilinear motion.

[0003] Since maintenance check is easy as compared with an oil pressure controller, the above-mentioned electric servo motor has come to be gradually used abundantly in recent years. The single opportunity capacity of the brush-less direct current motor (Following BLM is called) used for a servo motor in connection with this has also come to increase. However, there is a manufacture limitation in said BLM.

[0004] If BLM is used as large capacity, the problem that the capacity of the power transistor currently used for the inverter equipment which supplies a motor current to BLM must also increase will arise. Moreover, although carrying out parallel connection of the power transistor is also considered in order to make the capacity of a power transistor increase, it becomes uneconomical while control will become difficult, if it is made such a means. Furthermore, when the BLM itself is made large-sized, the flywheel effect GD2 increases, the dead time at the time of load cutoff becomes large, and there are a problem to which rotational frequency  $\Delta N$  of a water wheel generator is made to increase, and a problem which will require time amount too much before reaching an equivalence closing rate for the inertia of BLM, while being generated.

[0005] Then, the applicant for this patent solved the above-mentioned problem, and even if the capacity of an electric servo motor was small, he applied for the control unit of the electric motor type speed governor which can perform adjustment of a guide ring easily previously (an application for utility model registration No. 142690 [ Showa 62 to ], and application for utility model registration No. 142691 [ Showa 62 to ]).

[0006] The example of the application for utility model registration No. 142690 [ Showa 62 to ] which applied previously with reference to drawing 3 here is explained.

[0007] 1 is the guide ring which adjusts the Minakuchi opening of a hydraulic turbine, and makes the servo motor attachment objects 2 and 3 the periphery section of this guide ring 1 protrude on the location left 180 degrees to \*\* in drawing 3 . The rotation-rectilinear-motion transducers 6 and 7 which constitute the electric servo motors 4 and 5 are connected with the servo motor attachment objects 2 and 3. 8 and 9 are BLM(s) and the driving force of BLM 8 and 9 is transmitted to the rotation-straight-line transducers 6 and 7 through the reducer which is not illustrated. The location of the rotation-straight-line transducers 6 and 7 is detected by position transducers 6a and 7a.

[0008] A motor current is supplied to BLM 8 and 9 from the inverter equipments 10 and 11. 12 and 13 are current control units. The inverter equipments 10 and 11 and the current control devices 12 and 13 serve as a servo motor control section. 14 is a PID speed regulating device, and a setting rate and the rate (hydraulic turbine rate) of a water wheel generator are inputted into this control unit 14, and it performs a PID operation from that speed difference. The PID speed-control command which is the output of the PID speed regulating device 14 is supplied to the opening control unit 15. The detection position signal of position transducers 6a and 7a formed in the rotation-straight-line transducers 6 and 7 of the electric servo motor 4 is inputted into the opening control device 15. The opening control command of the

opening control unit 15 is supplied to the current control units 12 and 13 as a current command. 16 and 17 are current transformers.

[0009] If the rate of a water wheel generator differs from a setting rate, a PID speed-control command will be sent out from the PID speed regulating device 14. This speed-control command is input \*\*\*\* to the opening control unit 15. The detection position signal of the position transducers 6a and 7a which detect the migration location of the rotation-rectilinear-motion transducers 6 and 7 of the electric servo motors 4 and 5 is also inputted into this opening control device 15, and a PID speed-control command and the opening control command which is a current command corresponding to the difference of a detection position signal are sent out from the opening control device 15. By this opening control command, the control output of the inverter equipments 10 and 11 is sent out from the current control devices 12 and 13. The gate is controlled by the control output, and the inverter equipments 10 and 11 supply a motor current to BLM 8 and 9, drive the rotation-rectilinear-motion transducers 6 and 7, and they change the Minakuchi opening of a guide ring 1 so that a water wheel generator may serve as a setting rate.

[0010] In addition, the rotation-rectilinear-motion transducer 6 and the rotation-rectilinear-motion transducer 7 are constituted so that the movement direction may become reverse. That is, when it is the direction which a transducer 6 pushes, it is made for a transducer 7 to serve as a direction to lengthen.

[0011] If a guide ring 1 is driven by two sets of the electric servo motors 4 and 5 as mentioned above, the driving force of a guide ring 1 is certainly controllable even if the capacity is small as compared with the case where the number of electric servo motors is one. Moreover, since the servo motors 4 and 5 are small, naturally the capacity of BLM 8 and 9 also becomes small. For this reason, since the flywheel effect GD2 also becomes small, the dead time of load cutoff will not affect the rotational frequency of a water wheel generator small. Furthermore, since BLM 8 and 9 is small, time amount until it reaches an equivalence closing rate is also short, and ends. Furthermore, it can carry out, when controlling a guide ring 1 only by one side, and reduction of operating-physical-force loss can be aimed at.

[0012] Next, with reference to drawing 4 and drawing 5, the example of the application for utility model registration No. 142691 [ Showa 62 to ] which applied previously is explained. In addition, the explanation which gives the same sign to the part which achieves the same function as the example of an application for utility model registration No. 142690 [ Showa 62 to ] shown in drawing 3, and overlaps is omitted.

[0013] As shown in drawing 4, with this conventional technique, the detection position signal detected by the PID speed-control command from the PID speed regulating device 14 and position-transducer 6a is inputted into the 1st opening control unit 15. Moreover, the detection position signal detected by a close-by-pass-bulb-completely command and position-transducer 7a is inputted into the 2nd opening control unit 19. The opening control command of the opening control units 15 and 19 is sent to the interface section 18. The configuration of other parts is the same as that of the conventional technique shown in drawing 3.

[0014] Drawing 5 is the circuit diagram showing the detail of the interface section 18, and attaches and shows the same sign to the same part as drawing 4. In drawing 5, the system which consists of the electric servo motor 4, the inverter equipment 10, and the current control device 12 of the drawing Nakagami section is called A system, and the system which consists of the electric servo motor 5, the inverter equipment 11, and the current control device 13 of the drawing Nakashita section is called B system.

[0015] The interface section 18 shown in drawing 5 has the points A1 and A2 establishing [ usual state ] and A3 which operate when A system breaks down (a fault detection machine is an illustration abbreviation), and normally-closed contact A4, and has the normally open contact B1 and B-2 which operate when B system breaks down. The normally open contacts A1 and A2 are infixed in the cable run which series connection is carried out and ties the 1st opening control unit 15 and the current control unit 12. Normally-closed contact A4 and normally open contact B-2 are infixed in the cable run which series connection is carried out and ties the 2nd opening control unit 19 and the current control unit 13. Moreover, series connection of normally open contact A3 and B1 is carried out, and they are connected

during the common node of the normally open contacts A1 and A2, and the common node of normally-closed contact A4 and normally open contact B-2.

[0016] Usually, the normally open contacts A1 and A2, A3, and B1 and B-2 are turned on at the time of control, and normally-closed contact A4 is turned off. For this reason, the opening control command of the 1st opening control unit 15 is supplied to the current control units 12 and 13 through the interface section 18. And when failure occurs to A system, the normally open contacts A1 and A2 of the interface section 18 and A3 are turned off, normally-closed contact A4 serves as ON, and a guide-vane close-by-pass-bulb-completely command comes to be inputted into the current control device 13 from the 2nd opening control device 19.

[0017] Next, actuation of the conventional example shown in drawing 4 and drawing 5 is described. A PID speed-control command is sent out from the PID speed regulating device 14 with which the rate of a water wheel generator differs from a setting rate. This PID speed-control command is inputted into the 1st opening control command 15. The detection position signal of position-transducer 6a which detects the migration location of the rotation-rectilinear-motion transducer 6 of the electric servo motor 4 is also inputted into this 1st opening control 15, and the opening control command according to the difference of both signals is sent out to it from the 1st opening control unit 15. The control output of the inverter equipments 10 and 11 is sent out from the current control devices 12 and 13 by this opening control command. The gate is controlled by the control output, and the inverter equipments 10 and 11 control BLM 8 and 9, drive the rotation-rectilinear-motion transducers 6 and 7, and they change the Minakuchi opening of a guide ring 1 so that a water wheel generator may serve as a setting rate.

[0018] While you are controlling the guide ring 1 by the electric servo motors 4 and 5 as mentioned above, suppose that failure occurred in the electric servo motor 4. If the detector which does not illustrate this failure generating detects, the normally open contacts A1 and A2 of interface drawing 17 and A3 will be made to turn off, and normally-closed contact A4 will be turned ON. For this reason, although the opening control command of the 1st opening control unit 15 is no longer inputted into the current control units 12 and 13, in the current control unit 13, the 2nd opening control unit 19 to a guide-vane close-by-pass-bulb-completely command is normally-closed contact A4 and normally open contact B-2. It is passed and inputted. A guide ring 1 is driven by this command in the direction which closes a vane. Thereby, in order to stop a hydraulic turbine automatically, a safe electric servo motor type speed governor is obtained.

[0019] Drawing 6 shows the conventional technique of further others. It devises so that the supply motor current IB may balance the motor current IA supplied to BLM8 from inverter equipment 10 from inverter equipment 11 to BLM9, and it is made for the balance of the force of the electric servo motors 4 and 5 to balance with this conventional technique.

[0020] That is, a subtractor 22 subtracts Current IA from Current IB, differential current  $IB-IA$  is calculated, and an integrator 20 outputs the integral signal SA which integrated with differential current  $IB-IA$ . Therefore, at the time of  $IA>IB$ , the integral signal SA serves as a minus value, and the integral signal SA serves as a plus value at the time of  $IA<IB$ . In an adder 24, the integral signal SA is added to the opening control command outputted from the opening control unit 15, and the output of an adder 24 is sent to the current control unit 12. Therefore, at the time of  $IA>IB$ , the value sent to the current control unit 12 becomes small, IA decreases, when it is  $IA<IB$ , the value sent to the current control unit 12 becomes large, and IA increases. As a result, IA and IB become equal.

[0021] Similarly, a subtractor 23 subtracts Current IB from Current IA, differential current  $IA-IB$  is calculated, and an integrator 21 outputs the integral signal SB which integrated with differential current  $IA-IB$ . Therefore, at the time of  $IB>IA$ , the integral signal SB serves as a minus value, and the integral signal SB serves as a plus value at the time of  $IB<IA$ . In an adder 25, the integral signal SB is added to the opening control command outputted from the opening control unit 15, and the output of an adder 25 is sent to the current control unit 13. Therefore, at the time of  $IB>IA$ , the value sent to the current control unit 13 becomes small, IB decreases, when it is  $IB<IA$ , the value sent to the current control unit 13 becomes large, and IB increases. As a result, IB and IA become equal.

[0022] Since it devised so that the motor currents IA and IB might balance with the conventional

technique of drawing 6 , even if the property change by adjustment gap and secular change of BLM 8 and 9 arises, the force which BLM 8 and 9 generates can be equilibrated.

[0023] After all, by putting the same opening control command into the current control units 12 and 13, with the conventional technique which he is trying to equilibrate the motor current of BLM 8 and 9, and is shown in drawing 6 , the conventional technique shown in drawing 3 - drawing 5 is adjusting so that the motor currents IA and IB may balance based on the difference of the motor currents IA and IB.

[0024] In the electric servo motors 4 and 5, rotation of BLM 8 and 9 is told to the rotation-rectilinear-motion transducers 6 and 7 through a reducer, rotation is changed into rectilinear motion using a ball screw etc., and the force is told to a guide ring 1 at the rotation-rectilinear-motion transducers 6 and 7.

[0025] By the way, since there are unbalance of losses, such as a reducer in the electric servo motors 4 and 5 and a ball screw, unbalance of secular change of these mechanism device, a bias of environmental variations, such as temperature, etc. with the above-mentioned conventional technique, Though the motor current of BLM 8 and 9 is equilibrated, there is a possibility that the operating physical force (operating physical force of the electric servo motors 4 and 5) which acts on the servo motor attachment objects 2 and 3 may become unbalance, and an operating physical force was not able to be equilibrated with a sufficient precision.

[0026] If the unbalance of such an operating physical force arises, while stress unnecessary in mechanism will occur, there was a possibility that a motor might become an overload electrically.

[0027] This invention aims at offering the control unit of the electric servo motor type speed governor with which it was made for the operating physical force which the electric servo motor of a pair tells to a guide ring to balance in view of the above-mentioned conventional technique.

[0028]

[Means for Solving the Problem] The configuration of this invention which solves the above-mentioned technical problem is connected with the guide ring which adjusts the Minakuchi opening of a hydraulic turbine by rotating. The electric servo motor of the pair which it will drive [ pair ] if a motor current is supplied, respectively, and an operating physical force is given [ pair ] to said guide ring, respectively, and rotates a guide ring, The servo motor control section of the pair which supplies a motor current to the electric servo motor of said pair according to an opening control command, respectively, In the control unit of the electric servo motor type speed governor which has the control section which sends an opening control command from which the Minakuchi opening turns into the purpose opening to the servo mho control section of said pair The force sensor of the pair which detects the operating physical force given to said guide ring from the electric servo motor of said pair according to an individual, respectively, When one operating physical force of said electric servo motor is larger than the operating physical force of another side The opening control command which while supplies a motor current to one electric servo motor, and inputs it into it at a servo motor control section is reduced. It is characterized by having the controller adjusted so that the opening control command inputted into the electric servo motor of another side at the servo motor control section of another side which supplies a motor current may be increased.

[0029]

[Function] In this invention, the operating physical force which the electric servo motor of a pair generates is searched for according to an individual with a force sensor, and a servo motor control section is adjusted so that both operating physical forces may balance. Thus, in order to detect and adjust an operating physical force directly, both operating physical forces balance correctly.

[0030]

[Example] The example of this invention is explained at a detail based on a drawing below. in addition, the conventional technique -- said -- a part -- the explanation which gives the same sign to the section and overlaps is omitted.

[0031] Drawing 1 shows the 1st example of this invention. In the 1st example, it is the conventional technique shown in drawing 3 further with the configuration which added load cells 50 and 51, a subtractor 52, amplifier (operational amplifier) 53, an inverter 54, and the adders 55 and 56 with a limiter.

[0032] The part which can carry out direct detection of the operating physical force told from the electric servo motors 4 and 5 to a guide ring 1, and the rod which specifically connects the rotation-rectilinear-motion transducers 6 and 7 and the servo motor attachment objects 2 and 3 are equipped with load cells 50 and 51. This RODOSERU 50 and 51 outputs the force detecting signals FA and FB according to each operating physical force.

[0033] A subtractor 52 subtracts the force detecting signal FA from the force detecting signal FB, and outputs force deflection signal  $\Delta F$ , and amplifier 53 amplifies force deflection signal  $\Delta F$ , and outputs force deflection signal  $\Delta F$ . An inverter 54 outputs force deflection signal  $\Delta F$  which reversed the positive/negative of force deflection signal  $\Delta F$  and reversed positive/negative. The adders 55 and 56 with a limiter add force deflection signal  $\Delta F$  to the opening control command K outputted from the opening control unit 15, and output signal (opening control command)  $K + \Delta F$ . However, the adders 55 and 56 with a limiter limit the upper limit of signal  $K + \Delta F$  so that the motor currents IA and IB of BLM 8 and 9 may not become beyond the rated current.

[0034] In this example, the opening control command K is outputted from the opening control command 15 according to the PID speed-control command V of the PID speed regulating device 14, and a difference with the detection position signals PA and PB of position transducers 6a and 7a. The electric servo motors 4 and 5 generate the operating physical force according to the opening control command K. When both operating physical forces are equal, force deflection signal  $\Delta F$  becomes zero, and the operating physical force according to the opening control command K occurs as usual.

[0035] When an operating physical force becomes imbalanced and the force detecting signal FA becomes large rather than the force detecting signal FB, the value of force deflection signal  $\Delta F$  turns into a negative value. Therefore, the value of output signal (opening control command)  $K + \Delta F$  of an adder 55 becomes small, the value of output signal (opening control command)  $K + \Delta F$  of an adder 56 becomes large, the operating physical force of the electric servo motor 4 decreases, and the operating physical force of the increase of the operating physical force of the electric servo motor 5 and both balances.

[0036] An operating physical force becomes imbalanced, and with that that it mentioned above, when the force detecting signal FB becomes larger than the force detecting-signal style FA conversely, the value of force deflection signal  $\Delta F$  turns into a positive value. Therefore, the value of output signal (opening control signal)  $K + \Delta F$  of an adder 55 becomes large, the value of output signal (opening control command)  $K + \Delta F$  of an adder 56 becomes small, the operating physical force of the increase of the operating physical force of the electric servo motor 4 and the electric servo motor 5 decreases, and both operating physical forces balance.

[0037] Thus, in this example, the operating physical force of the electric servo motors 4 and 5 is detected, and since it is adjusting so that both operating physical forces may balance, even if unbalance is in the loss of a reducer, a ball screw, etc., both operating physical forces become equal.

[0038] In addition, discovery of abnormalities (for example, a hydraulic turbine condition which foreign matters, such as driftwood and leaves, mixed in the interior of a guide vane, and became actuation impossible) can be easily performed by supervising the motor currents IA and IB, the force detecting signals FA and FB, the speed-control command V, and the opening control command K.

[0039] Drawing 2 shows the 2nd example of this invention. In the 2nd example, it is the conventional technique shown in drawing 4 further with the configuration which added load cells 50 and 51, a subtractor 52, amplifier (operational amplifier) 53, an inverter 54, and the adders 55 and 56 with a limiter.

[0040] Always [ forward ], an operating physical force arises from the electric servo motors 4 and 5 like the 1st example according to signal  $K + \Delta F$ , and both operating physical forces become equal.

[0041] On the other hand, at the time of abnormalities, like the conventional technique shown in drawing 4, the electric servo motor 5 operates and the guide ring 1 rotates in the closed direction by close-by-pass-bulb-completely command.

[0042]

[Effect of the Invention] Since the signal inputted into the servo control section so that the operating



physical force which is told to a guide ring from two electric servo motors according to [ as concretely explained in the example above ] this invention may be detected according to an individual and both operating physical forces may become equal was adjusted, even if there is a difference of secular change or MEKAROSU, both operating physical forces can be equilibrated with a sufficient precision.

---

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-114172

(43)公開日 平成8年(1996)5月7日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

F 0 3 B 15/04

15/08

識別記号

庁内整理番号

P

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数1 OL (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平6-253444

(22)出願日 平成6年(1994)10月19日

(71)出願人 000006105

株式会社明電舎

東京都品川区大崎2丁目1番17号

(72)発明者 斎藤 秀

東京都品川区大崎二丁目1番17号 株式会社明電舎内

(72)発明者 中川 富司男

東京都品川区大崎二丁目1番17号 株式会社明電舎内

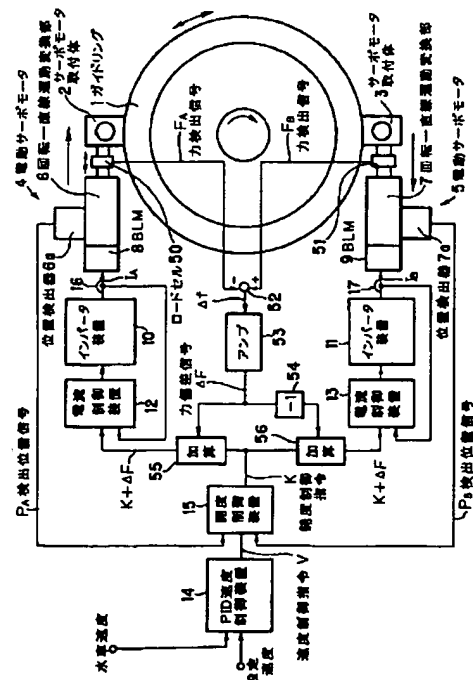
(74)代理人 弁理士 光石 俊郎 (外1名)

(54)【発明の名称】 電動サーボモータ式調速機の制御装置

(57)【要約】

【目的】 一対の電動サーボモータの操作力を精度よく平衡させる。

【構成】 速度制御指令Vと検出位置信号 $P_A$ 、 $P_B$ の差に応じた開度制御指令Kが開度制御装置15から出力され、電動サーボモータ4、5は開度制御指令Kに応じた操作力を発生する。この操作力によりガイドリング1が回転し水車の水口開度が調整される。電動サーボモータ4、6の操作力はロードセル50、51により個別に検出され、検出力を示す力検出信号 $F_A$ 、 $F_B$ が出力される。この $F_A$ 、 $F_B$ の偏差 $\Delta F$ が加算器55、56にて開度制御指令Kに加えられる。そして $F_A > F_B$ のときには $\Delta F$ が負値となり、 $F_A < F_B$ のときには $\Delta F$ が正值となり、電動サーボモータ4、5の操作力が平衡するよう調整がされる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 回転することにより水車の水口開度を調整するガイドリングに連結されており、モータ電流がそれぞれ供給されると駆動し操作力をそれぞれ前記ガイドリングに付与してガイドリングを回転させる一対の電動サーボモータと、

開度制御指令に応じてモータ電流を前記一対の電動サーボモータにそれぞれ供給する一対のサーボモータ制御部と、

水口開度が目的開度となるような開度制御指令を前記一対のサーボモータ制御部に送る制御部とを有する電動サーボモータ式調速機の制御装置において、

前記一対の電動サーボモータから前記ガイドリングに付与する操作力をそれぞれ個別に検出する一対の力センサと、

前記電動サーボモータの一方の操作力が他方の操作力よりも大きいときには、一方の電動サーボモータにモータ電流を供給する一方のサーボモータ制御部に入力する開度制御指令を減じ、他方の電動サーボモータにモータ電流を供給する他方のサーボモータ制御部に入力する開度制御指令を増すよう調整する調整部と、を備えたことを特徴とする電動サーボモータ式調速機の制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は電動サーボモータ式調速機の制御装置に関し、一対の電動サーボモータが発生する操作力が平衡するよう工夫したものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年、調速機の駆動源が油圧方式から電動機を用いた電動サーボモータ式に代わりつつある。この電動サーボモータはブラシなし直流電動機と、この電動機の出力が供給される減速機と、この減速機の出力が供給される回転一直線運動変換部とから構成されていて、直線運動に変換された運動体に水車の水口開度調整用のガイドリングが接続されている。

【0003】上記電動サーボモータは油圧式に比較して保守点検が容易であるため、近年次第に多用されるようになってきた。これに伴ってサーボモータに使用されるブラシなし直流電動機（以下BLMと称す）の単機容量も増加するようになってきた。しかし、前記BLMには製作限界がある。

【0004】BLMを大容量にすると、BLMにモータ電流を供給するインバータ装置に使用されているパワートランジスタの容量も増加しなければならないという問題が生じる。また、パワートランジスタの容量を増加させるために、パワートランジスタを並列接続することも考えられるけれども、このような手段にすると制御がむずかしくなるとともに不経済となる。さらに、BLM自身を大型とすると、はずみ車効果 $GD^2$ が増加し、負荷しゃ断時の不動時間が大きくなって水車発電機の回転数

$\Delta N$ を増加させてしまう問題も生じるとともにBLMの慣性のため等価閉鎖速度に達するまでに時間がかかりすぎる問題もある。

【0005】そこで本願出願人は、上記問題を解決して、電動サーボモータの容量が小さくてもガイドリングの調整が容易にできる電動モータ式調速機の制御装置を先に願した（実願昭62-142690号及び実願昭62-142691号）。

【0006】ここで図3を参照して先に願した実願昭62-142690号の実施例を説明する。

【0007】図3において、1は水車の水口開度を調整するガイドリングで、このガイドリング1の外周部には互に180度離れた位置にサーボモータ取付体2、3を突設させる。サーボモータ取付体2、3には電動サーボモータ4、5を構成する回転一直線運動変換部6、7が連結される。8、9はBLMで、BLM8、9の駆動力は図示しない減速機を介して回転一直線変換部6、7に伝達される。回転一直線変換部6、7の位置は位置検出器6a、7aにより検出される。

【0008】BLM8、9にはインバータ装置10、11からモータ電流が供給される。12、13は電流制御装置である。インバータ装置10、11と電流制御装置12、13はサーボモータ制御部となる。14はPID速度制御装置で、この制御装置14には設定速度と水車発電機の速度（水車速度）とが入力され、その速度差からPID演算を行う。PID速度制御装置14の出力であるPID速度制御指令は開度制御装置15に供給される。開度制御装置15には電動サーボモータ4の回転一直線変換部6、7に設けられた位置検出器6a、7aの検出位置信号が入力される。開度制御装置15の開度制御指令は電流指令として電流制御装置12、13に供給される。16、17は変流器である。

【0009】水車発電機の速度が設定速度と異なってくると、PID速度制御装置14からPID速度制御指令が送出される。この速度制御指令は開度制御装置15に入力される。この開度制御装置15には、電動サーボモータ4、5の回転一直線運動変換部6、7の移動位置を検出する位置検出器6a、7aの検出位置信号も入力され、PID速度制御指令と検出位置信号の差に対応した電流指令である開度制御指令が開度制御装置15から送出される。この開度制御指令により、電流制御装置12、13からインバータ装置10、11の制御出力が送出される。インバータ装置10、11はその制御出力によりゲートが制御されてBLM8、9にモータ電流を供給し、回転一直線運動変換部6、7を駆動して、水車発電機が設定速度となるようにガイドリング1の水口開度を変える。

【0010】なお、回転一直線運動変換部6と回転一直線運動変換部7は運動方向が逆となるように構成する。すなわち、変換部6が押す方向のとき、変換部7は引く

方向となるようにする。

【0011】上記のようにしてガイドリング1を2台の電動サーボモータ4, 5で駆動すると、ガイドリング1の駆動力は電動サーボモータが1台の場合に比較してその容量が小さくても確実に制御できる。また、サーボモータ4, 5が小さいため、BLM8, 9の容量も当然小さくなる。このため、はずみ車効果GD<sup>2</sup>も小さくなるので、負荷しゃ断の不動時間が小さく水車発電機の回転数には影響を与えなくなる。さらに、BLM8, 9が小型であるから等価閉鎖速度に達するまでの時間も短くてすむ。更に、ガイドリング1を片側だけで制御する場合

にして操作力損失の低減を図ることができる。

【0012】次に図4及び図5を参照して、先に出願した実願昭62-142691号の実施例を説明する。なお図3に示す実願昭62-142690号の実施例と同一機能を果たす部分には同一符号を付し重複する説明は省略する。

【0013】図4に示すようにこの従来技術では、第1の開度制御装置15に、PID速度制御装置14からのPID速度制御指令及び位置検出器6aで検出した検出位置信号が入力される。また第2の開度制御装置19には、全閉指令及び位置検出器7aで検出した検出位置信号が入力される。開度制御装置15, 19の開度制御指令はインターフェイス部18へ送られる。他の部分の構成は図3に示す従来技術と同一である。

【0014】図5はインターフェイス部18の詳細を示す回路図で、図4と同一部分には同一符号を付して示す。図5において、図中上部の電動サーボモータ4、インバータ装置10及び電流制御装置12からなるシステムをAシステムと称し、図中下部の電動サーボモータ5、インバータ装置11及び電流制御装置13からなるシステムをBシステムと称す。

【0015】図5に示すインターフェイス部18はAシステムが故障したとき（故障検出器は図示省略）動作する常開設点A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>と常閉接点A<sub>4</sub>を有し、Bシステムが故障したとき動作する常開接点B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>を有する。常開設点A<sub>1</sub>とA<sub>2</sub>は直列接続されて第1開度制御装置15と電流制御装置12とを結ぶ電路に介装される。常閉接点A<sub>4</sub>と常開接点B<sub>2</sub>は直列接続されて第2開度制御装置19と電流制御装置13とを結ぶ電路に介装される。また、常開設点A<sub>3</sub>とB<sub>1</sub>は直列接続されて常開設点A<sub>1</sub>とA<sub>2</sub>の共通接続点と、常閉接点A<sub>4</sub>と常開接点B<sub>2</sub>の共通接続点間に接続される。

【0016】通常制御時は常開設点A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>とB<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>がオンになっていて常閉接点A<sub>4</sub>はオフされている。このため、第1開度制御装置15の開度制御指令はインターフェイス部18を介して電流制御装置12, 13に供給されるようになっている。そしてAシステムに故障が発生したときに、インターフェイス部18の常開設点A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>がオフされ、常閉接点A<sub>4</sub>がオンと

なって、第2開度制御装置19からガイドベーン全閉指令が電流制御装置13に入力されるようになる。

【0017】次に図4, 図5に示す従来例の動作を述べる。水車発電機の速度が設定速度と異なってくるPID速度制御装置14からPID速度制御指令が送出される。このPID速度制御指令は第1開度制御指令15に入力される。この第1開度制御15には電動サーボモータ4の回転一直線運動変換部6の移動位置を検出する位置検出器6aの検出位置信号も入力され、第1開度制御装置15から両信号の差に応じた開度制御指令が送出される。この開度制御指令により電流制御装置12, 13からインバータ装置10, 11の制御出力が送出される。インバータ装置10, 11はその制御出力によりゲートが制御されてBLM8, 9を制御し、回転一直線運動変換部6, 7を駆動して、水車発電機が設定速度となるようにガイドリング1の水口開度を変える。

【0018】上記のように電動サーボモータ4, 5によりガイドリング1を制御しているとき、電動サーボモータ4に故障が発生したとする。この故障発生を図示しない検出器が検出すると、インターフェイス図17の常開設点A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>をオフさせ、常閉接点A<sub>4</sub>をオンにする。このため、第1開度制御装置15の開度制御指令は電流制御装置12, 13に入力されなくなるが、電流制御装置13には第2開度制御装置19からガイドベーン全閉指令が常閉接点A<sub>4</sub>と常開接点B<sub>2</sub>を通して入力される。この指令によってガイドリング1はベーンを閉じる方向に駆動される。これにより、水車を自動的に停止させるため、安全な電動サーボモータ式調速機が得られる。

【0019】図6は更に他の従来技術を示す。この従来技術では、インバータ装置10からBLM8へ供給するモータ電流I<sub>A</sub>と、インバータ装置11からBLM9へ供給モータ電流I<sub>B</sub>とが平衡するように工夫し、電動サーボモータ4, 5の力のバランスが平衡するようにしたものである。

【0020】つまり減算器22は電流I<sub>B</sub>から電流I<sub>A</sub>を減算して差電流I<sub>B</sub>-I<sub>A</sub>を求め、積分器20は差電流I<sub>B</sub>-I<sub>A</sub>を積分した積分信号S<sub>A</sub>を出力する。したがってI<sub>A</sub>>I<sub>B</sub>のときには積分信号S<sub>A</sub>はマイナス値となり、I<sub>A</sub><I<sub>B</sub>のときには積分信号S<sub>A</sub>はプラス値となる。加算器24では、開度制御装置15から出力される開度制御指令に積分信号S<sub>A</sub>が加えられ、加算器24の出力が電流制御装置12へ送られる。したがってI<sub>A</sub>>I<sub>B</sub>のときには電流制御装置12へ送られる値が小さくなり、I<sub>A</sub>が減じていき、I<sub>A</sub><I<sub>B</sub>のときには電流制御装置12へ送られる値が大きくなり、I<sub>A</sub>が増えていく。この結果I<sub>A</sub>とI<sub>B</sub>が等しくなる。

【0021】同様に減算器23は電流I<sub>A</sub>から電流I<sub>B</sub>を減算して差電流I<sub>A</sub>-I<sub>B</sub>を求め、積分器21は差電流I<sub>A</sub>-I<sub>B</sub>を積分した積分信号S<sub>B</sub>を出力する。したがって

$I_B > I_A$ のときには積分信号 $S_B$ はマイナス値となり、 $I_B < I_A$ のときには積分信号 $S_B$ はプラス値となる。加算器25では、開度制御装置15から出力される開度制御指令に積分信号 $S_B$ が加えられ、加算器25の出力が電流制御装置13へ送られる。したがって $I_B > I_A$ のときには電流制御装置13へ送られる値が小さくなり、 $I_B$ が減じていき、 $I_B < I_A$ のときには電流制御装置13へ送られる値が大きくなり、 $I_B$ が増えていく。この結果 $I_B$ と $I_A$ が等しくなる。

【0022】図6の従来技術ではモータ電流 $I_A$ 、 $I_B$ が10 平衡するように工夫したので、BLM8、9の調整ズレや経年変化による特性変化が生じて、BLM8、9が発生する力を平衡させることができる。

【0023】結局、図3～図5に示す従来技術では、同一の開度制御指令を電流制御装置12、13に入れることによりBLM8、9のモータ電流を平衡させるようにしており、図6に示す従来技術では、モータ電流 $I_A$ 、 $I_B$ の差に基づきモータ電流 $I_A$ 、 $I_B$ が平衡するように調整している。

【0024】電動サーボモータ4、5では、BLM8、20 9の回転運動を減速機を介して回転→直線運動変換部6、7へ伝え、回転→直線運動変換部6、7ではボールネジ等を用いて回転運動を直線運動に変換してガイドリング1に力を伝える。

【0025】ところで上記従来技術では、電動サーボモータ4、5における減速機やボールネジ等のロスの不平衡や、これらメカ機構の経年変化の不平衡や、温度等の環境変化の偏り等があるため、BLM8、9のモータ電流を平衡させたとしても、サーボモータ取付体2、3に作用する操作力（電動サーボモータ4、5の操作力）が20 不平衡になってしまうおそれがあり、精度よく操作力を平衡させることができなかった。

【0026】このような操作力の不平衡が生じると、メカ的に不要な応力が発生してしまうと共に、電気的にはモータが過負荷になるおそれがあった。

【0027】本発明は、上記従来技術に鑑み、一対の電動サーボモータがガイドリングに伝える操作力が平衡するようにした、電動サーボモータ式調速機の制御装置を提供することを目的とする。

【0028】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決する本発明の構成は、回転することにより水車の水口開度を調整するガイドリングに連結されており、モータ電流がそれぞれ供給されると駆動し操作力をそれぞれ前記ガイドリングに付与してガイドリングを回転させる一対の電動サーボモータと、開度制御指令に応じてモータ電流を前記一対の電動サーボモータにそれぞれ供給する一対のサーボモータ制御部と、水口開度が目的開度となるような開度制御指令を前記一対のサーボモータ制御部に送る制御部とを有する電動サーボモータ式調速機の制御装置におい

て、前記一対の電動サーボモータから前記ガイドリングに付与する操作力をそれぞれ個別に検出する一対の力センサと、前記電動サーボモータの一方の操作力が他方の操作力よりも大きいときには、一方の電動サーボモータにモータ電流を供給する一方のサーボモータ制御部に入力する開度制御指令を減じ、他方の電動サーボモータにモータ電流を供給する他方のサーボモータ制御部に入力する開度制御指令を増すよう調整する調整部と、を備えたことを特徴とする。

【0029】

【作用】本発明では、一対の電動サーボモータが発生する操作力を力センサにより個別に求め、両操作力が平衡するようにサーボモータ制御部を調整する。このように直接的に操作力を検出して調整するため、両操作力が正確に平衡する。

【0030】

【実施例】以下に本発明の実施例を図面に基づき詳細に説明する。なお従来技術と同一部部には同一符号を付し重複する説明は省略する。

【0031】図1は本発明の第1実施例を示す。第1実施例では、図3に示す従来技術に、更に、ロードセル50、51、減算器52、アンプ（演算増幅器）53、反転器54、リミット付加算器55、56を付加した構成となっている。

【0032】ロードセル50、51は、電動サーボモータ4、5からガイドリング1へ伝える操作力を直接検出することができる部分、具体的には回転→直線運動変換部6、7とサーボモータ取付体2、3とを連結するロッドに備えられている。このロードセル50、51は各操作力に応じた力検出信号 $F_A$ 、 $F_B$ を出力する。

【0033】減算器52は、力検出信号 $F_B$ から力検出信号 $F_A$ を減算して力偏差信号 $\Delta f$ を出力し、アンプ53は力偏差信号 $\Delta f$ を増幅して力偏差信号 $\Delta F$ を出力する。反転器54は力偏差信号 $\Delta F$ の正負を反転して正負を反転した力偏差信号 $\Delta F$ を出力する。リミット付加算器55、56は、開度制御装置15から出力される開度制御指令 $K$ に、力偏差信号 $\Delta F$ を加えて信号（開度制御指令） $K + \Delta F$ を出力する。ただしBLM8、9のモータ電流 $I_A$ 、 $I_B$ が定格電流以上にならないように、リミット付加算器55、56は信号 $K + \Delta F$ の上限をリミットしている。

【0034】本実施例では、PID速度制御装置14のPID速度制御指令 $V$ と、位置検出器6a、7aの検出位置信号 $P_A$ 、 $P_B$ との差に応じて、開度制御指令15から開度制御指令 $K$ が出力される。電動サーボモータ4、5は開度制御指令 $K$ に応じた操作力を発生する。両操作力が等しいときには力偏差信号 $\Delta F$ は零となり、従来と同様に開度制御指令 $K$ に応じた操作力が発生する。

【0035】操作力がアンバランスとなり力検出信号 $F_A$ が力検出信号 $F_B$ よりも大きくなったときには、力偏差

信号 $\Delta F$ の値は負値となる。よって加算器55の出力信号(開度制御指令) $K + \Delta F$ の値は小さくなり、加算器56の出力信号(開度制御指令) $K + \Delta F$ の値は大きくなり、電動サーボモータ4の操作力が減じ、電動サーボモータ5の操作力が増し、両方の操作力が平衡する。

【0036】操作力がアンバランスとなり、前述したのととは逆に、力検出信号 $F_B$ が力検出信号 $F_A$ よりも大きくなったときには、力偏差信号 $\Delta F$ の値は正値となる。よって加算器55の出力信号(開度制御信号) $K + \Delta F$ の値は大きくなり、加算器56の出力信号(開度制

御指令) $K + \Delta F$ の値は小さくなり、電動サーボモータ4の操作力が増し、電動サーボモータ5の操作力が減じ、両方の操作力が平衡する。

【0037】このように本実施例では電動サーボモータ4, 5の操作力を検出し、両操作力が平衡するように調整をしているため、減速機やボールネジ等のロスに不平衡があっても、両操作力は等しくなる。

【0038】なおモータ電流 $I_A$ ,  $I_B$ 、力検出信号 $F_A$ ,  $F_B$ 、速度制御指令 $V$ 、開度制御指令 $K$ を監視することにより、異常(例えば水車ガイドベーン内部に流木

や木の葉などの異物が混入して操作不能となった状態)の発見が容易にできる。

【0039】図2は本発明の第2実施例を示す。第2実施例では、図4に示す従来技術に、更に、ロードセル50, 51、減算器52、アンプ(演算増幅器)53、反転器54、リミッタ付加算器55, 56を付加した構成となっている。

【0040】正常時には第1実施例と同様に、信号 $K + \Delta F$ に応じて操作力が電動サーボモータ4, 5から生

じ、両方の操作力が等しくなる。

【0041】一方、異常時には、図4に示す従来技術と同様に、全閉指令により、電動サーボモータ5が作動してガイドリング1が閉方向に回転していく。

【0042】

【発明の効果】以上実施例と共に具体的に説明したように本発明によれば、2つの電動サーボモータからガイドリングに伝える操作力を個別に検出し、両操作力が等しくなるようにサーボ制御部に入力する信号を調整するようにしたので、経年変化やメカロスのちがいがあっても、両操作力を精度よく平衡させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例を示す構成図。

【図2】本発明の第2実施例を示す構成図。

【図3】従来技術を示す構成図。

【図4】従来技術を示す構成図。

【図5】従来技術を示す構成図。

【図6】従来技術を示す構成図。

【符号の説明】

1 ガイドリング

2, 3 サーボモータ取付体

4, 5 電動サーボモータ

6, 7 回転一直線運動変換部

6a, 7a 位置検出器

8, 9 ブラシなし直流電動機(BLM)

10, 11 インバータ装置

12, 13 電流制御装置

14 PID速度制御装置

15, 19 開度制御装置

16, 17 変流器

18 インターフェイス部

20, 21 積分器

22, 23 減算器

24, 25 加算器

30 50, 51 ロードセル

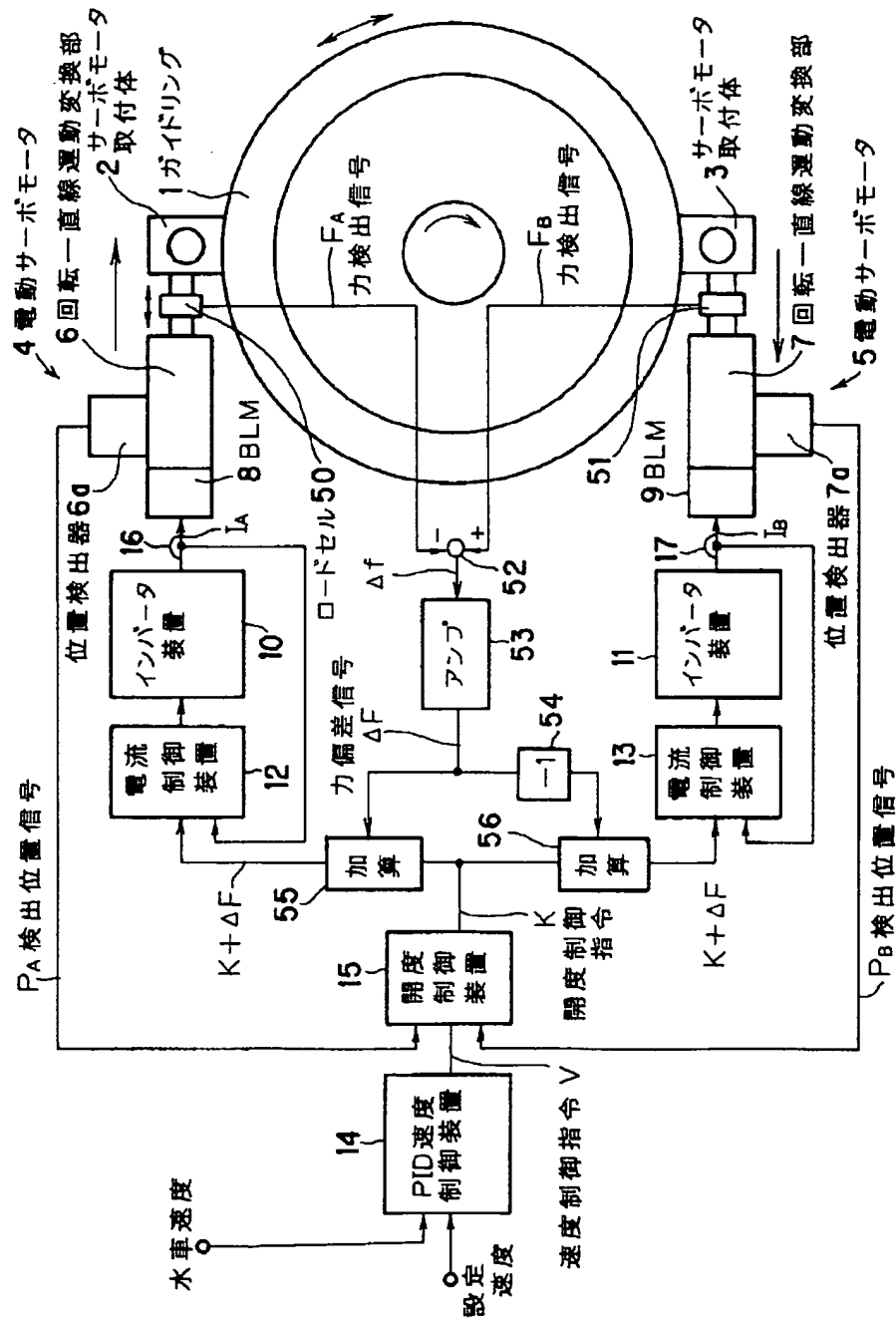
52 減算器

53 アンプ

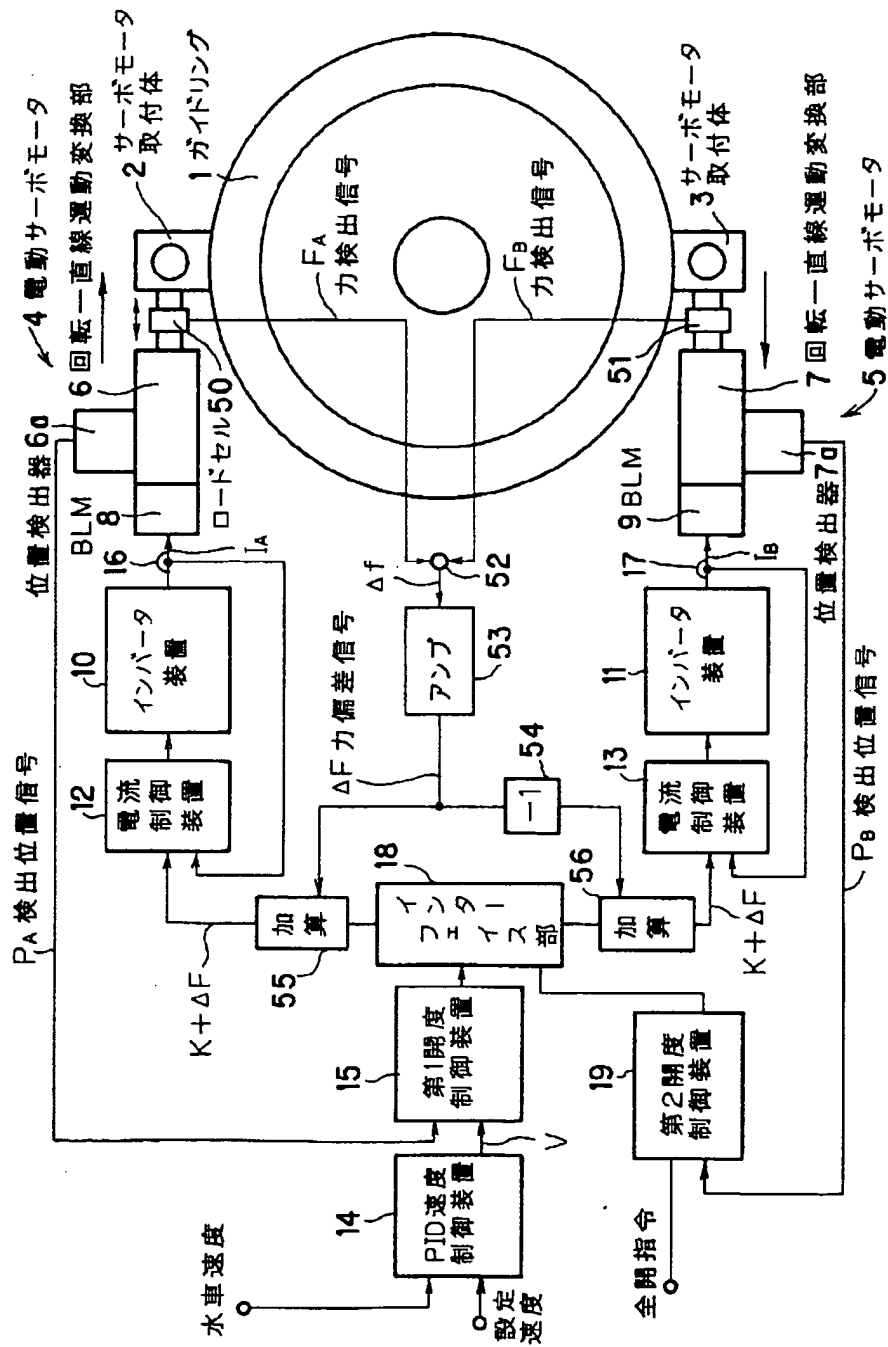
54 反転器

55, 56 リミッタ付加算器

【図1】

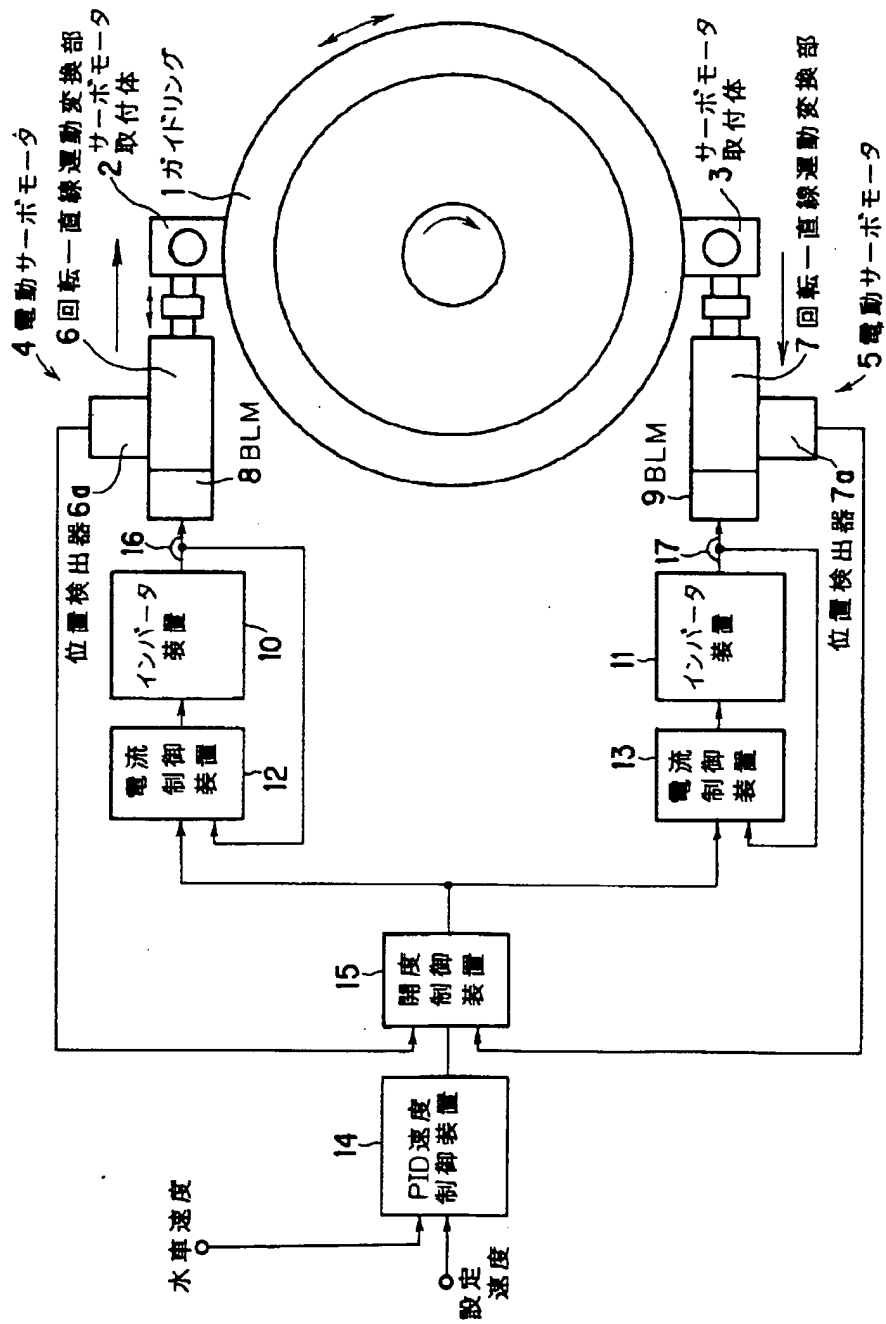


【図2】

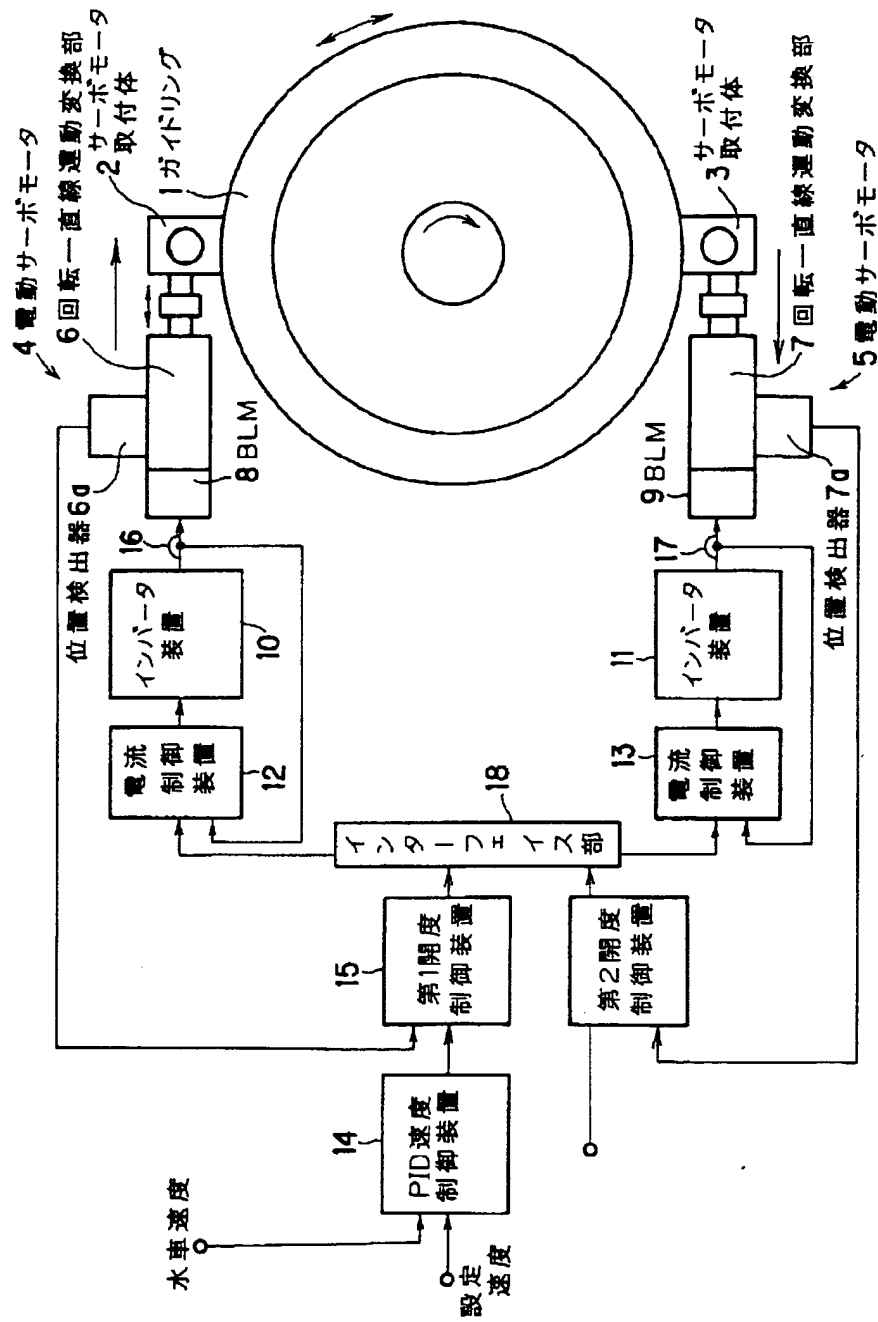




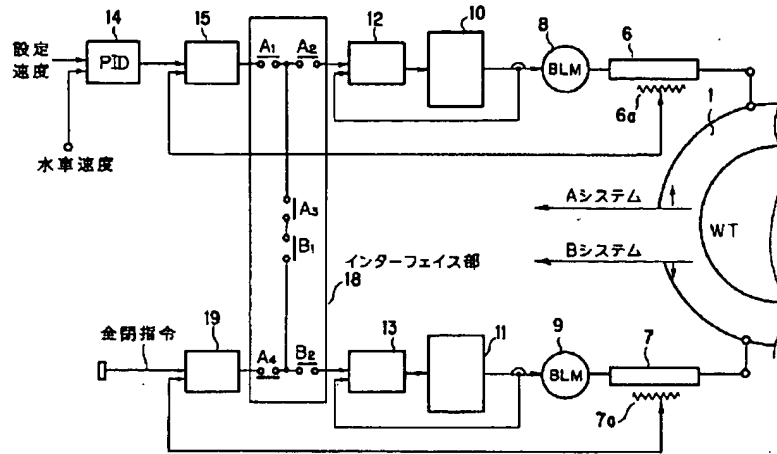
【図3】



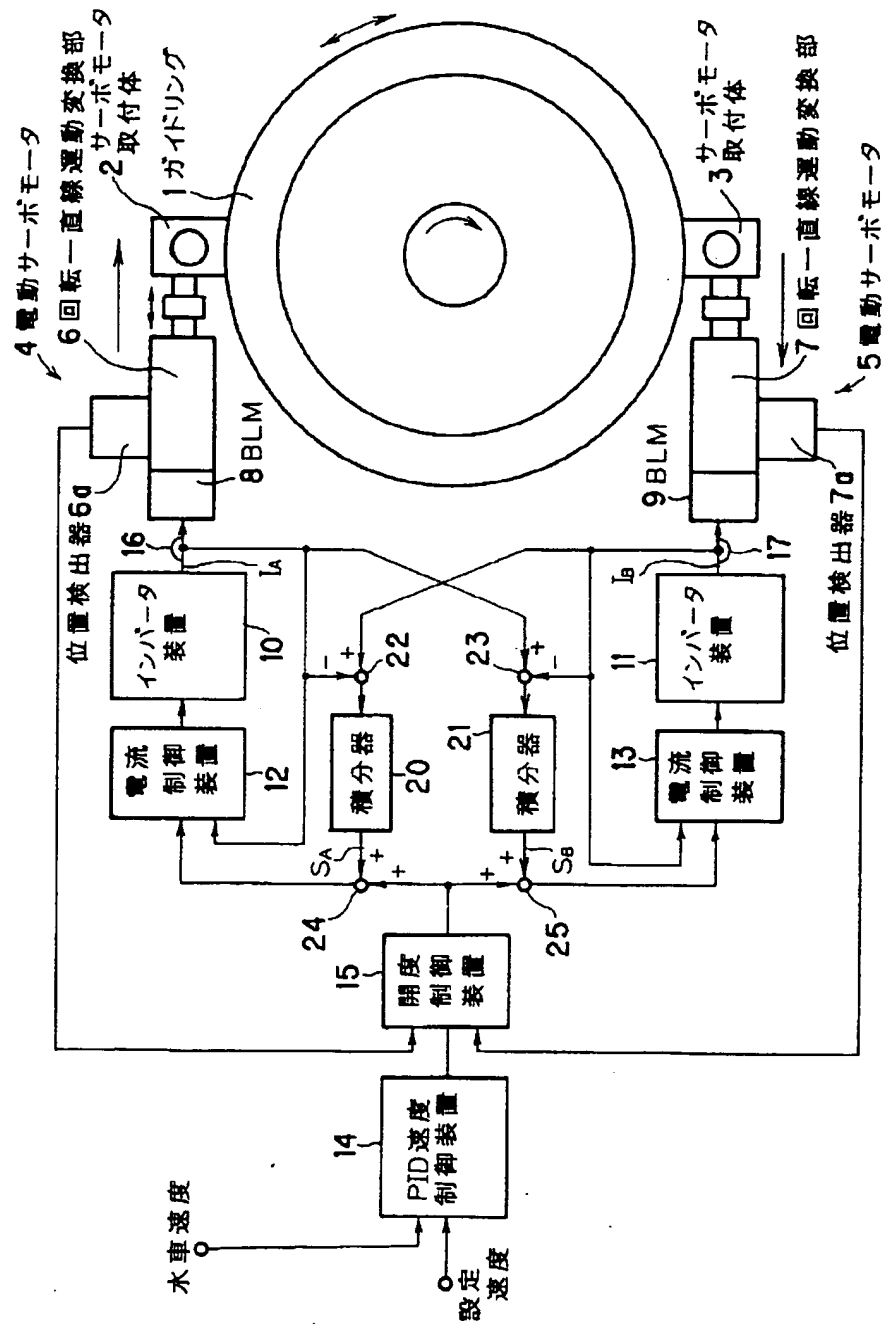
【図4】



【図5】



【図6】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**